

学校编码: 10384

学号: 200226003

分类号_____密级_____

UDC _____

厦 门 大 学

_____ 硕 士 _____ 学 位 论 文

不同盐度胁迫下红树林土壤细菌类群及其在落叶分解过
程中的作用

Studies on the groups of soil bacteria in mangrove
forest with different salt stress and its function
during litter leaves decomposition

指导教师姓名: 林鹏 教授, 庄铁城 教授

专 业 名 称: 植物学

论文提交日期:

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2005 年 09 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

目录

中文摘要	1
英文摘要	3
第一章 前言	5
1.1 红树林生态系统	5
1.1.1 我国红树林生境特点	5
1.1.2 我国红树林种类和红树植物群系	7
1.2 红树林生态系统微生物学研究及其进展	9
1.2.1 红树林中微生物库的资源多样性	9
1.2.2 红树林微生物在物质循环和能量流动中的作用	13
1.2.3 代谢产物的研究	15
1.2.4 红树林微生物酶资源	17
1.2.5 红树林微生物对污染的治理作用	18
1.3 本项研究的目的和意义	19
第二章 材料与方法	21
2.1 研究样地的自然条件和样地概况	21
2.2 盐胁迫下红树林土壤细菌研究方法	22
2.2.1 样土的采集及处理	22
2.2.2 微生物的培养、数量统计及分离	23
2.3 盐胁迫下秋茄叶片实验室内降解研究方法	25
2.3.1 样叶的采集及处理	25
2.3.2 叶片的实验室内降解	26
第三章 结果与讨论	34
3.1 盐胁迫下红树林土壤细菌的研究	34
3.1.1 三种细菌培养基在不同盐度下对红树林土壤细菌培养的影响	34

3.1.2 讨论	39
3.2 盐度胁迫下秋茄叶片实验室降解	40
3.2.1 降解过程中降解细菌数量动态变化	40
3.2.2 降解过程中某些物质含量动态	43
3.2.3 参与降解过程的菌株	50
第四章 结论	51
参考文献	52
致谢	65
研究生期间发表论文	66

CATALOG

Abstract in Chinese	1
Abstract in English	3
Chapter 1. Prolegomenon	5
1.1 Mangrove ecosystem	5
1.1.1 Characteristic of mangrove habitat in China.....	5
1.1.2 Species and formatins of mangroves in China...	7
1.2 Study and advance on microorganism of mangrove ecosystem	9
1.2.1 Resources diversity of microorganism sink in mangroves	10
1.2.2 functions on material and energy flow of microorganism in mangrove forest	13
1.2.3 Study on the metabolizable product.....	15
1.2.4 Enzyme resource of microorganism in mangroves.....	17
1.2.5 Functions of mangrove microorganism on pollutant.....	18
1.3 The Objective and significance	19
Chapter 2. Material and Methods	21
2.1 Field conditions	21
2.2 Mehtod to study the microorganism in mangrove soil under salt stress	22
2.2.1 Collection and treatment of sample soil.....	22
2.2.2 Cultureing、counting statistics and separating of microorganism...	23
2.3 Study on the decomposition of <i>kandelia candel</i> leaves with different salt stress in laboratory	25

2.3.1 Collection and treatment of sample leaf	25
2.3.2 Decomposition of leaf in laboratory.....	26
Chapter 3. Result and Discussion.....	34
3.1 Study on the soil bacteria in mangroves with different salt stress	34
3.1.1 Affect on the mangrove soil bacteria by three media with different salt concentration	34
3.1.2 Discussion.....	39
3.2 Decomposition of <i>Kandelia candel</i> leaves with salt stress in laboratory.....	40
3.2.1 Dynamic changes of bacteria number during decomposition.....	40
3.2.2 Dynamic changes of some material content during decomposition...	43
3.2.3 Involved bacteria during decomposition.....	50
Chapter 4 Conclusion.....	51
References	52
Acknowledgement.....	65
Publications during graduate study.....	66

摘 要

红树林是热带亚热带海岸潮间带的一种常绿阔叶林，盐生生境是该生态系统的重要特征之一；目前，已经有不少关于红树植物如何适应盐生生境的形态解剖和生理生化特征报道，关于盐度对其适应机制的影响的研究也大量出现，但是，国内外盐度对红树林区微生物尤其是细菌的影响研究未见报道。红树林区含有丰富的微生物资源，尤其是底部沉积物，其微生物数量比海水丰富得多，这些微生物长期适应红树林区潮间带的盐生生境，形成了红树林区特有的微生物类型，至今尚无关于盐胁迫下红树林微生物类群的研究用以分离筛选出红树林中的耐盐、嗜盐微生物。本试验以九龙江口秋茄林为研究对象，利用不同培养基从林内表层土壤微生物筛选出各种嗜盐细菌，找出其最适生长盐度，同时研究其对秋茄落叶的降解作用，揭示降解过程中碎屑和降解液中可溶性物质成分的变化，并鉴定出几种嗜盐降解菌，具体结果如下：

1. 由于在盐胁迫下分离红树林土壤细菌的研究未见报道，本次研究选用三种不同的培养基进行培养，分别试验各种培养基的培养效果。通过 2216E 海洋细菌培养基、肉膏蛋白土壤细菌培养基和 Gibbons 嗜盐细菌培养基进行比较培养，结果表明海洋细菌培养基 2216E 较其他两种培养基能富集到更多的红树林林下土壤细菌。
2. 根据在不同盐度下进行的细菌培养，结果表明九龙江口秋茄林表层土壤细菌的生长盐度范围为 0—1.0Mol/L（相当于 0~58.5‰），但在 0.2Mol/L 的时候，菌数最多。
3. 分解过程中细菌数量起初增长缓慢，随着降解作用菌开始对叶片进行降解，营养释放到降解液中为菌体所利用，从第 15 天起细菌数量开始快速生长，在第 20 天达到最高峰；碎屑 N, P, K, Ca, Mg 的含量在分解过程不断下降，五种元素的释放快慢依次为 $K > Ca > Mg > N > P$ ，可溶性物质在

分解过程中氨基酸和还原糖含量一直很低，溶液中 N, P, K, Ca, Mg 逐渐增加，增加速度快慢顺序依次为 $K > Ca > Mg > N > P$ 。

4. 共分离鉴定出到 4 个属的细菌，假单胞菌 (*Pseudomonas*)、芽孢杆菌 (*Bacillus*)、节细菌 (*Arthrobacter*) 和链球菌 (*streptococcus*)。

关键词：红树林；盐胁迫；细菌；叶片降解

Abstract

Mangrove is one of evergreen broad-leaved forests in tropical sub-tropical tideland. Salt environment is one of important characteres for this kind of ecosystem. At present, there are some research on the morphology-anatomy and physiological biochemistry about how mangrove is adapted to the salt environment. At the same time, many reseaches on how the salt concentration affects the adaptive mechanism appeared, but there are few reseaches on that the salt stress affects the microorganisms especially the bacteria. The microorganism resource in mangrove froest is very abundant espially in the sediment and the number of microorganism in soil of mongrove forest is higer than in seawater. Because the special environment in which the mangrove live, there are some particular microorganisms exist in the mangrove forest. Until now, no one study on the microorganism of mangrove forest under salt stress and separating Halotolerant microbes and Halophiles. This dissertation studies on the soil microorganisms in *Kandelia candel* forest with different salt stress in Jiulong river, and results as follows:

1. Use three different media (Gibbons 、beef-peptone、 2216E sea bacteria culture medium) to culture the bacteria and find that the bacteria separated from mangrove soil have a better grow in 2216E sea culture medium than Gibbons and beef-peptone;
2. The salt concentration range in which the surface soil bacteria in mangroves of Jiulong river can grow is between $0 \sim 1 \text{ mol/L NaCl}$ ($0 \sim 58.5\%$) and the optimum salt concentration is 0.2 mol/L ;
3. With the process of decompositon, the number of bacteria increase slowly in the first day. 15 days later, the speed become fast and on the 20 days the

number reach the climax.at the same time, the content of N, P, K, Ca, Mg in litter decreased with different speed. The speed sequence is $K > Ca > Mg > N > P$. The contents of amino acid and reducing sugar in solubility are always low during decomposition. N、P、K、Ca and Mg of solution gradually increase and the speed sequence is $K > Ca > Mg > N > P$;

4. four genres of bacteria were isolated from the soil in *Kandelia candel* forest: *Pseudomonas*、*Bacillus*、*Arthrobacte* and *streptococcus*.

Keyword: Mangrove; Salt stress; Bacteria; Litter decomposition

第一章 前言

1.1 红树林生态系统

红树林是热带亚热带海岸潮间带的一种常绿阔叶林。大致分布在南、北回归线之间的范围内，其中少数种类可达到北纬 32° 和南纬 44° ，但以马来半岛及其邻近岛屿的生长最为繁茂，而且种类最为丰富。世界红树林有两个分布中心，一在东亚，一在中南美洲，其中以东亚较为繁茂。我国红树林与东亚红树林是同一类型，主要组成种类也是相似的，主要分布在海南、广东、广西、台湾、福建沿海。天然分布的北界是在福建的福鼎（北纬 $27^{\circ}20'$ ）。在全国的分布地区中，以海南省分布最广，组成种类最丰富，而且生长也较茂盛，其中尤以海南岛东北部和东部沿海一带发育的最好。浙江省也引种一种成功。

由于红树植物富含单宁，可供提取鞣素作制革，并且木材坚硬，可作建筑材料、家具等用途；林下生境是经济鱼虾的滋生场所，还可拦淤造滩，扩大海滩以及护堤防风、保护农田和村庄等效益。红树林是海湾、河口生态系统重要的第一生产者之一，是调节海湾河口生态平衡的重要因素^[1]。

1.1.1 我国红树林生境特点

我国红树植物分布从北纬 $18^{\circ}9'$ 至北纬 $27^{\circ}20'$ （福鼎）海岸，多富含有机物质的平缓泥滩，具有一定特色，主要特点为：

1.地形 红树林通常分布于隐蔽海岸地形，或者与常风相平行的海岸。该地区风浪小，有利于淤泥的沉积，特别在河口或三角洲地形为多。在一些江湾可深入内地几十公里。在平直或陡峭的海岸和沙滩或砂砾滩，很少有红树林。

2.气候 我国红树林分布区属热带亚热带季风海洋气候型，年平均温度在 $25.5-21^{\circ}\text{C}$ ，最冷月均温在 $21-12^{\circ}\text{C}$ ，极端低温在 $0-6^{\circ}\text{C}$ （个别 -2°C ），基本无霜。各地海水温度 差异较大，年平均表层水温在 $21-28^{\circ}\text{C}$ （个别 19°C ）。如南海海面约为 $25-28^{\circ}\text{C}$ （张宏达等，1957），厦门海面为 24°C （何景，1957）。年雨量在 $1200-1400\text{mm}$ （个别为 1100mm ，如海南西北部和厦门）。随着纬度的升高，综合生境条件特别是温度条件的递减，我国红树植物种类和群落结构从繁多向简化方向变化。

3.潮汐和盐度 海水的潮汐运动是红树的胚轴或果实传播的重要媒介。潮汐和海流的流动造成了各地红树林植物种类很相似和有广阔的分布区，并且还影响到海水盐度和淤泥沉积作用。涨潮退潮的时间长短也与内外滩含盐度有关。红树林主要分布在潮间带，由于群落演替阶段特点，常呈与海岸平行带。最基本的有 3 个地带。

A：低潮带：位于低潮线下并部分仍有少量的浅水的坡岸上部。这里海洋生物较多、土壤不暴露，盐度较高，约 $20\%-35\%$ ，是红树林先锋植物种类生长的地带。高潮时，红树植物几乎全淹没或仅有树冠外露。低潮时，树干基部仍浸于水中。这里有白骨壤、较南、秋茄等。

B：中潮带：位于低潮线以上，高潮线以下的中间地带，土壤盐度中等，约在 $10\%-25\%$ ，因各地条件、海滩宽度大者达几公里、狭者仅几米或几十米。退潮时地面暴露，淤泥深厚；高潮时，树干部分被淹没，是红树林生长繁茂地带。一般是红茄苳、红海榄、红树、秋茄、桐花树、海莲等生长的地带。

C：高潮带或特大高潮带：这带土壤经常暴露，表面比较硬实。特

大高潮区有较干实的土壤，是红树林带向陆带过渡地带。土壤盐度受淡水冲洗影响以致比较低，约 5%—15%。主要出线过渡性的红树植物，如水椰、卤蕨、海漆、木榄等^[2]。

1.1.2 我国红树林种类和红树植物群系

全世界红树植物种类有 24 科，30 属，83 种（或变种）。其中东方类群 72 种，西方类群 14 种，我国有 12 科 15 属 27 种，分布在海南、广东、台湾、福建、广西、浙江等省，北起浙江瓯江口，南至海南岛^[3]。目前共建立了 18 个红树林自然保护区。

红树植物群系：我国红树植物群落根据种类成分、外貌和群落特点以及生境条件，初步可以分成 7 个群系。

A：木榄群系：以木榄属植物为主组成的灌木或乔木群落。植株高 3—4m，最高 15m；胸径 8—12cm，最大的 15cm。郁闭度 0.8—0.9。外貌深绿色、林相整齐。常具发达的膝状呼吸根。主要分布于海南清澜港、潭门港以及两广大陆沿岸、台湾西南部海滩。福建南部也有少量与秋茄混合的木榄群系。组成成分可包括海莲为主的群落，也可与尖瓣海莲、红海榄、角果木、榄李、秋茄等组成的多种群落，属于演替后期阶段类型。

B：红树群系：以红树属植物为主组成的高大稠密的乔木林。常分布于宽滩面上，滩面宽可达 10—150m。株高 3—5m，最高 12m，具发达的支柱根。红树与角果木、海莲组成的群落，多分布于海南清澜港、铺前港等地。红海榄与角果木、榄李、秋茄、桐花树等组成的群落则多分布于海南岛、雷州半岛和广西钦州地区等地。红海榄、白骨壤等组成的群落则分布于台湾南部海湾，林中亦有木榄伴生。本群系属演替中后期阶段。

C：秋茄群系：以秋茄为主的致密或稀疏的小乔木群落。它是一种

适应性很广的红树植物群落，通常高达 1.5—4m，最高 10m，直径 10—30cm；纯林或与桐花树组成两层的群落。郁闭度 0.6-0.09，外貌青绿色，林相整齐。具有不发达的支柱根或板状根。分布很广，是最耐寒的群落（纬度最北可达到日本九州，32°N）。在较外海常有白骨壤伴生。在内海或河口平坦地则有桐花树、老鼠簕等伴生成分。在较南是演替中期阶段。自福建兴化湾以北，只存一种，所以本群系既属初、中期也属后期的演替阶段的类型。

D：桐花树群系：本群系以低矮的桐花树为主。伴生树种常有秋茄、老鼠簕、白骨壤等。株高约 1—2m，最高达 3m，多分枝而树冠平整。郁闭度不一，约 0.4—0.8。群落结构单纯，只有灌木一层，植物多基部萌生，形成团状丛生，有支柱根或低矮板状根。两广、台湾、福建沿海普通分布。以河口海岸的半咸水地区为多。土壤表层比较松软，深厚泥滩较多。本群系属演替的中、前期阶段类型。

E：白骨壤群系：主要由白骨壤一种组成。群落偶见桐花树、秋茄伴生。郁闭度 0.3—0.8。高度 1—2m，南方海岸保存较好的可达 4m 左右。由于常受砍伐，多呈灌丛状。最大的特色是具有指状呼吸根。广布于东南沿海，尤以外海盐度较高者较多，属演替最前阶段类型。

F：海桑群系：多呈海桑为主的单优群落。植株高 2—5m，河口三角洲可达 20m 以上。林相较稀疏、滩面有一些疏生的笋状呼吸根。林间有少量的杯萼海桑或林下有白骨壤、桐花树幼苗生长。主要分布于海南铺前港、头苑等地，是一个不稳定分布类型。在岸边和河口咸淡水交汇处均有分布。群落演替系列的前期或后期均有存在。

G: 水椰群系 本群系是以水椰为主的群落。外貌深绿色，密丛状，郁闭度 0.4-0.7。高度在 4—7m，最高可达 9m。由于可生长于高潮区也可生于滩头上，属两栖类型。伴生树种相近习性的海漆、榄李、黄槿等，或有卤蕨散生林下，形成多层群落。也是特有的棕榈型类型。本群系仅见于海南岛东南海岸的港北港、杨梅港、乌石港等地。多分布于东南亚、大洋洲热带海岸。属演替后期阶段[4]。

1.2 红树林生态系统微生物学研究及其进展

1.2.1 红树林中微生物库的资源多样性

红树林生活在热带亚热带海岸潮间带，其生境具有强还原性、强酸性、高含盐量、丰富营养等特征，因此，这里的微生物资源即丰富又不失特色，主要类群为细菌、真菌、放线菌、微型藻类等，其中，已分离鉴定出的红树林真菌超过百种，成为海洋真菌第二大类群^[5,6]。在热带红树林中，微生物的组成大致为：细菌和真菌组成占微生物资源总量的 91%，微型藻类和原生动物分别占 7%和 2%^[6,7]。目前，已发现并且分离出许多新的菌种，例如我国新发现的两个海生疫霉种（泡囊海疫霉、刺囊海疫霉）^[8]、II型甲烷氧化菌等等。目前正在进行研究的红树林微生物有高效固氮菌、溶磷细菌、硫化还原菌、光合厌氧菌、产甲烷菌以及研究最多的红树林真菌。

在红树林生态系统中，固氮率的高低和植物体呼吸根、树皮、林下土壤、蓝细菌、沉积物及覆于其上的腐解枝叶等因素有关。红树林内积累着大量生物降解产生的有机物，这些有机物为固氮提供了大量的能量，所以，在红树林内发现高效固氮菌是很正常的。在红树林中，乙炔还原比率同有机物的可利用性有着明确的相关性，林下非固氮微生物通过分解凋落物为固氮提供了足够能量，因此，在红树林中，凋落物在分解过程中氮含量的增加不会受到

外来碳源的影响，而在无红树林区，外来碳源的加入会显著提高固氮率^[9,10]。从红树林区中分离的固氮微生物包括自生固氮菌、联合固氮菌和共生固氮菌，其中大部分的蓝细菌均具有高效固氮活性。Sengupta和Chaudhuri（1990）从不同种类红树林中沉积物、根际及根表分离出了出的固氮菌分别归属于固氮螺菌属（*Azospirillum*）、固氮菌属（*Azotobacter*）、根瘤菌属（*Rhizobium*）、梭菌属（*Clostridium*）和克雷伯氏菌属（*Klebsiella*）；Holguin等（2001）从墨西哥的大红树（*Rhizophora mangle*）、亮叶白骨壤（*Avicennia germinans*）和假红树（*Laguncularia racemosa*）林中也分离出 *Vibrio campbelli*, *Listonella anguillarum*, *Vibrio.aestuarianus*和 *Phyllobacterium* sp.等固氮菌^[11,12]。另外，同位素示踪发现，这些固氮菌的确能够在红树植物体内定居并向植物根部提供无机氮，从而促进红树植物的生长发育^[13-16]。在澳大利亚南部的红树林生态系中，凋落物及表面沉积物的固氮量能提供全年氮需求的 40%^[17]；在佛罗里达的红树林，生物固氮能满足该生态系 60%的氮需求量^[9]，由此可见，固氮作用是红树林生态系统中微生物非常重要的活性之一。

以往红树林研究中，微生物溶磷作用的研究并不太多，因此溶磷细菌（Phosphate- solubilizing bacteria）的报道也就相对较少。在对墨西哥红树林的研究中，研究者们从黑红树（Black mangrove）根部分离出了九种溶磷细菌（*Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus. atrophaeus*, *Paenibacillus macerans*, *Xanthobacter agilis*, *Vibrio proteolyticus*, *Enterobacter aerogenes*, *E. taylorae*, *E. asburiae*, 和 *Kluyvera cryocrescens*），从假红树（*Laguncularia*）中分离出三种溶磷细菌（*Bacillus licheniformis*, *Chryseomonas luteola* 和 *Pseudomonas stutzeri*），其中，*Xanthobacter*, *Kluyvera*和 *Chryseomonas*是首次在红树林中发现，也是首次发现这三种菌具有固氮能力。Vazquez在添加了磷酸钙的培养基上对这些分离出来的细菌进行培养，发现在生长的菌落周围会出现透明圈，从而首次证明了这些种类细菌的溶磷能力^[18]。溶磷细菌为红树林植物提供了

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库